

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 102 40 727.4

Anmeldetag: 04. September 2002

Anmelder/Inhaber: Philips Corporate Intellectual Property GmbH,
Hamburg/DE

Bezeichnung: Bildgebendes System und Verfahren zur Optimierung
einer Röntgenabbildung

IPC: G 03 B, A 61 B

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 4. April 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

Ebert

BEST AVAILABLE COPY



BESCHREIBUNG

Bildgebendes System und Verfahren zur Optimierung einer Röntgenabbildung

- Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Optimierung einer zweidimensionalen Abbildung eines ein Objekt enthaltenden Körpervolumens sowie ein zur Durchführung eines
- 5 derartigen Verfahrens eingerichtetes bildgebendes System.

- Bildgebende Verfahren, welche eine zweidimensionale Abbildung eines Körpervolumens erzeugen, kommen in verschiedenen Anwendungsgebieten zum Einsatz. Nachfolgend soll diesbezüglich stellvertretend die Erzeugung von zweidimensionalen (Röntgen-) Abbildungen eines biologischen Körpervolumens betrachtet werden, durch dessen
- 10 Blutgefäße sich ein Objekt wie beispielsweise die Spitze eines Katheters oder ein Führungsdraht bewegt. Die Erfindung ist jedoch auf derartige Anwendungen nicht beschränkt, sondern in allen Fällen mit ähnlichen Randbedingungen anwendbar.
- 15 Bei der Bewegung eines Objektes durch den Körper eines Patienten folgt das Objekt dem Verlauf der Gefäße, was oft zu Richtungswechseln führt. Ein bildgebendes System zur Erzeugung einer zweidimensionalen Projektion des das Objekt enthaltenden Körpervolumens muss daher ständig nachjustiert werden, wenn sichergestellt werden soll, dass das Objekt an der aktuellen Position optimal abgebildet wird. Optimal ist dabei in der
- 20 Regel eine planare Projektion des Objektes beziehungsweise des umgebenden Gefäßabschnittes. Ein solches Nachjustieren ist für das medizinische Personal sehr zeitaufwändig und für den Patienten mit einer zusätzlichen Strahlenbelastung während der Justierung verbunden.
- 25 Aus dem Stand der Technik ist es bekannt, dreidimensionale Repräsentationen des Gefäßsystems eines bestimmten Körpervolumens zu erzeugen und abzuspeichern. Derartige Repräsentationen können dabei mit unterschiedlichen bildgebenden Verfahren wie Computertomografie (CT), Magnetresonanz (MR), Rotationsangiografie (RA) oder Dreidimensionalem Ultraschall (3DUS) gewonnen werden. Darüber hinaus ist es aus der

US 6 317 621 B1 bekannt, eine dreidimensionale Repräsentation des Gefäßsystems mit einer aktuellen zweidimensionalen Projektionsaufnahme derart zu kombinieren, dass die aktuelle Position eines Katheters ermittelt und der dreidimensionalen Repräsentation zugeordnet werden kann. Zu diesem Zweck werden am Körper des Patienten mehrere
5 Marker angeordnet, die sich sowohl in den dreidimensionalen Daten als auch in den aktuellen Projektionsaufnahmen abzeichnen und dann einander zuordnen lassen.

Vor diesem Hintergrund war es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein bildgebendes System und ein Verfahren für dessen Betrieb bereitzustellen, die in verhältnis-
10 mäßig einfacher Weise eine Optimierung der Darstellung eines Körpervolumens mit einem darin enthaltenen Objekt ermöglichen. Vorzugsweise soll dabei die Strahlenbelastung des Körpervolumens minimiert werden.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie
15 durch ein bildgebendes System mit den Merkmalen des Anspruchs 3 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen enthalten.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Optimierung einer zweidimensionalen Abbildung eines in einem Objekt enthaltenen (biologischen oder nicht-biologischen) Körpervolumens ist
20 dadurch gekennzeichnet, dass

a) Eine dreidimensionale Repräsentation von möglichen Aufenthaltsorten des Objektes innerhalb des Körpervolumens gewonnen wird, wobei mögliche Aufenthaltsorte z.B. Bahnen oder Kanäle im Körpervolumen sind, entlang derer
25 sich das Objekt bewegen kann.

b) Die aktuelle Position des Objektes ermittelt und der dreidimensionalen Repräsentation zugeordnet wird. Das heißt, dass der zur aktuellen Position des Objektes gehörende Datenpunkt unter den die dreidimensionale Repräsentation ausmachenden Daten identifiziert wird.
30

- c) Mit Hilfe der dreidimensionalen Repräsentation Abbildungsparameter bestimmt werden, die in Bezug auf die aktuelle Position des Objektes unter einem vorgegebenen Optimierungskriterium optimal sind.

5

- d) Mit den genannten optimalen Abbildungsparametern eine zweidimensionale Abbildung des Körpervolumens erzeugt wird, wobei sich diese Abbildung nicht notwendigerweise auf das gesamte Körpervolumen erstrecken muss, sondern auf einen interessierenden Teil beschränkt sein kann.

10

Das beschriebene Verfahren verwendet die Daten einer dreidimensionalen Repräsentation aller möglichen Aufenthaltsorte sowie den aktuellen Aufenthaltsort des Objektes, um automatisch Parameter für eine optimale zweidimensionale Abbildung zu errechnen und dann eine entsprechende Abbildung zu erzeugen. Auf diese Weise lässt sich für viele wichtige Anwendungsfälle die zweidimensionale Darstellung des Körpervolumens optimieren, ohne dass ein menschlicher Operator hierfür Einstellungen vornehmen oder Testaufnahmen anfertigen müsste. Es ist daher möglich, optimierte Abbildungen automatisiert, in erheblich kürzerer Zeit sowie mit geringerer Strahlenbelastung für das Körpervolumen zu erhalten.

15

Bei der mit dem Verfahren optimierten zweidimensionalen Abbildung kann es sich prinzipiell um jede Art von Abbildung handeln, die aus einem Volumen eine zweidimensionale Darstellung gewinnt. Zum Beispiel kann dies eine mit einem Ultraschallgerät erzeugte Schnittdarstellung sein. Insbesondere kann es sich bei der zweidimensionalen Abbildung jedoch um eine Projektion des Körpervolumens handeln, welche mit Hilfe von Röntgenstrahlung erzeugt wird. Diese Abbildungsart eignet sich besonders für die Beobachtung der Bewegung eines Objektes durch ein Körpervolumen, da die entstehende Abbildung Information aus dem gesamten Volumen enthält und somit das Objekt in jedem Falle erfasst ist.

20

25

30

Für die Durchführung des oben beschriebenen Verfahrens wird die Kenntnis der aktuellen Position des Objektes benötigt. Diese Kenntnis kann grundsätzlich aus jeder hierfür geeigneten Informationsquelle stammen, zum Beispiel aus einem separaten Abbildungsverfahren, aus einem Lokalisierungsverfahren mittels elektromagnetischer Feldmessungen ("active localiser") oder in speziellen Anwendungsfällen auch aus der Bestimmung der räumlichen Konfiguration eines aus dem Körpervolumen herausreichenden Instrumententrägers. Bevorzugt ist es indes, wenn die Position des Objektes aus einer ersten zweidimensionalen Abbildung ermittelt wird, die mit demselben Verfahren wie die optimierte zweidimensionale Abbildung erzeugt wurde, da in diesem Falle nur ein einziges bildgebendes System erforderlich ist.

Die Abbildungsparameter, welche vom Verfahren optimal bestimmt werden, richten sich in ihrer Art nach dem eingesetzten bildgebenden Verfahren. In diesem Zusammenhang können als Abbildungsparameter insbesondere dienen: die Schnittebene einer Abbildung, eine Projektionsrichtung, die Lage (Ort, Orientierung) einer Strahlungsquelle, die Lage eines bildgebenden Strahlungsdetektors, die Form einschließlich der Größe eines Abbildungsfensters, die Position strahlendämpfender Blendenelemente, Varianzen im Strahlungsfeld über einer bestrahlten Fläche, die (z.B. durch Filter einstellbare) Strahlqualität, die Strahlungsstärke, der elektrische Strom und/oder die elektrische Spannung zum Betrieb einer Strahlungsquelle und/oder die Belichtungsdauer.

Ein wichtiger Anwendungsbereich des Verfahrens liegt in dem Betrieb eines bildgebenden Systems im Rahmen der medizinischen Diagnostik und Therapie. Die möglichen Aufenthaltsorte des Objektes können dabei insbesondere Blutgefäße innerhalb eines biologischen Körpervolumens sein, wobei die optimalen Abbildungsparameter in diesem Falle so festgelegt werden, dass der lokale Gefäßabschnitt, in dem sich das Objekt gerade befindet, in der zweidimensionalen Abbildung im Wesentlichen planar, das heißt aus einer zur Achse des Gefäßabschnittes senkrechten Richtung auf eine zur Achse des Gefäßabschnittes parallele Ebene projiziert wird. Im Rahmen einer medizinischen Anwendung kann es sich bei dem Objekt insbesondere um einen Katheter bzw. dessen

Spitze, um einen Führungsdraht (guide wire) oder dergleichen handeln. Die dreidimensionale Repräsentation des Gefäßsystems kann insbesondere durch CT, MR, RA und/oder 3DUS gewonnen werden.

- 5 Die zweidimensionale Abbildung des Körpervolumens kann vorteilhafterweise zusammen mit einer Abbildung der dreidimensionalen Repräsentation, welche zumindest teilweise mit denselben Abbildungsparametern erzeugt wurde, überlagert dargestellt werden. Wenn z.B. die zweidimensionale Abbildung eine Projektion des Körpervolumens ist, kann aus der dreidimensionalen Repräsentation eine Projektion mit
- 10 derselben Projektionsgeometrie errechnet und zur Überlagerung verwendet werden. Die in der dreidimensionalen Repräsentation enthaltene Information steht somit dem Anwender zusätzlich zur Verfügung. Besonders bevorzugt ist es dabei, wenn die aus der dreidimensionalen Repräsentation errechnete Abbildung einen größeren Bereich abbildet als die zweidimensionale Abbildung. Die "live" vom aktuellen Ort des Objektes
- 15 gewonnene zweidimensionale Abbildung kann dann unter Minimierung der Strahlenbelastung auf eine minimale Größe beschränkt werden, da der Anwender Informationen zur Orientierung in der weiteren Umgebung des Objektes der überlagerten, aus der dreidimensionalen Repräsentation gewonnenen Abbildung entnehmen kann.
- 20 Die Erfindung betrifft ferner ein bildgebendes System zur Erzeugung einer zweidimensionalen Abbildung eines ein Objekt enthaltenden Körpervolumens, wobei das System eine Datenverarbeitungseinheit zur Bildverarbeitung und zur Steuerung enthält mit einem Speicher, der eine dreidimensionale Repräsentation von möglichen Aufenthaltsorten des Objektes innerhalb des Körpervolumens gespeichert hat. Die genannte
- 25 Datenverarbeitungseinheit ist weiterhin dazu eingerichtet, aus der im Speicher enthaltenen dreidimensionalen Repräsentation solche Abbildungsparameter zu bestimmen, die in Bezug auf die aktuelle Position des Objektes gemäß einem vorgegebenen Optimierungskriterium optimiert sind. Weiterhin ist die Datenverarbeitungseinheit dazu eingerichtet, das bildgebende System so anzusteuern, dass es eine zweidimensionale
- 30 Abbildung mit den vorstehend genannten, optimierten Abbildungsparametern erzeugt.

Ein derartiges bildgebendes System hat den Vorteil, dass es eine dreidimensionale Repräsentation des Körpervolumens und eine entsprechend eingerichtete Datenverarbeitungseinheit dazu verwendet, zur jeweiligen Position des Objektes automatisch optimale Abbildungsparameter zu berechnen und eine entsprechende zweidimensionale
5 Abbildung zu erzeugen. Der Bediener des bildgebenden Systems wird daher von diesen Vorgängen entlastet, und die Anfertigung von mit einer Strahlenbelastung verbundenen Testaufnahmen kann unterbleiben.

Bei dem bildgebenden System handelt es sich vorzugsweise um einen Röntgenapparat,
10 der eine Röntgenstrahlungsquelle und einen Detektor enthält, die beide an einem beweglichen C-förmigen Arm befestigt sind. Derartige Röntgenapparate werden insbesondere im medizinischen Bereich angewendet, wobei die gemeinsame Bewegbarkeit der Röntgenstrahlungsquelle und des Detektors am C-Arm die Anfertigung von Röntgenaufnahmen aus verschiedenen Projektionsrichtungen ermöglicht.

15 Der vorstehend genannte Röntgenapparat weist vorzugsweise mit Hilfe von Aktuatoren beziehungsweise Motoren verstellbare Blenden auf, welche den Strahlenkegel und damit das hiervon erfasste Volumen begrenzen, wobei die Einstellung dieser Blenden zu den von der Datenverarbeitungseinheit optimierten Abbildungsparametern gehört. Es ist
20 dann möglich, das in der Röntgenabbildung erfasste Volumen auf ein für die Darstellung benötigtes Minimum zu begrenzen und somit die Strahlenbelastung zu minimieren.

Gemäß einer Weiterbildung des bildgebenden Systems ist die Datenverarbeitungseinheit mit Signalleitungen wie beispielsweise für ein Elektrokardiogramm (EKG) und/oder von
25 einem Atmungssensor gekoppelt. Durch die Berücksichtigung weiterer sensorischer Informationen können die von der Datenverarbeitungseinheit auszuführenden Berechnungen präzisiert werden. So kann beispielsweise die mit dem Herzschlag oder der Atmung einhergehende Formveränderung des Körpers eines Patienten berücksichtigt werden, wenn die Position des Objektes ermittelt und der dreidimensionalen Repräsen-
30 tation zugeordnet wird. Des Weiteren kann eine Signalleitung für den Anschluss eines

Lokalisierungsgerätes vorgesehen sein, welches der Ermittlung der aktuellen Position des Objektes dient. Das Lokalisierungsgerät kann sich dabei zum Beispiel auf ein separates Abbildungsverfahren, auf ein Lokalisierungsverfahren mittels elektromagnetischer Feldmessungen ("active localiser") oder in speziellen Anwendungsfällen auch auf die Bestimmung der räumlichen Konfiguration eines aus dem Körpervolumen herausreichenden Instrumententrägers stützen.

Das bildgebende System kann insbesondere so ausgestaltet bzw. weitergebildet sein, dass es ein Verfahren der oben erläuterten Art ausführen kann.

10

Demnach kann das bildgebende System z.B. dazu eingerichtet sein, die Position des Objektes aus einer ersten zweidimensionalen Abbildung zu ermitteln, die mit demselben Verfahren wie die optimierte zweidimensionale Abbildung erzeugt wurde, da in diesem Falle nur ein einziges bildgebendes System erforderlich ist.

15

Die Abbildungsparameter, welche von dem bildgebenden System optimal bestimmt werden, richten sich in ihrer Art nach dem eingesetzten bildgebenden Verfahren. Beispiele hierfür wurden oben bereits angegeben.

20

Die möglichen Aufenthaltsorte des Objektes können insbesondere Gefäße innerhalb eines biologischen Körpervolumens sein, wobei die Datenverarbeitungseinheit dann vorzugsweise dazu eingerichtet ist, die optimalen Abbildungsparameter so festzulegen, dass der Gefäßabschnitt, in dem sich das Objekt befindet, in der zweidimensionalen Abbildung im Wesentlichen planar projiziert wird.

25

Gemäß einer anderen Weiterbildung des bildgebenden Systems kann dieses eine Einrichtung (Monitor, Drucker etc.) zur Darstellung von Abbildungen enthalten und dazu eingerichtet sein, die zweidimensionale Abbildung zusammen mit einer ganz oder teilweise mit denselben Abbildungsparametern aus der dreidimensionalen Repräsentation erzeugten Abbildung überlagert darzustellen, wobei die aus der dreidimensionalen

30

Repräsentation erzeugte Abbildung vorzugsweise einen größeren Bereich abbildet als die zweidimensionale Abbildung. Auf die Vorteile einer solchen gemeinsamen Darstellung wurde oben bereits hingewiesen.

5 Im Folgenden wird die Erfindung mit Hilfe der Figuren beispielhaft erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 ein Schema des erfindungsgemäßen bildgebenden Systems;

Fig. 2 die Illustration der Röntgenprojektion eines Körpervolumens mit einem
10 Gefäßsystem und einem darin vorgeschobenen Katheter.

In Figur 1 ist als Beispiel für die Anwendung der Erfindung ein bildgebendes System dargestellt, welches zur Verfolgung der Bewegung einer Katheterspitze durch das Gefäßsystem eines Patienten 10 eingesetzt wird. Bei dem Katheter kann es sich im
15 Rahmen von kardiologischen Eingriffen zum Beispiel um einen Katheter für eine PTCA (Percutaneous Transluminal Coronary Angioplasty), eine Perfusion, ein Elektrophysiologie (EP)-Mapping oder eine Ablation handeln.

Die Erzeugung einer zweidimensionalen Abbildung des interessierenden Körpervolumens erfolgt in bekannter Weise durch einen Röntgenapparat 3, welcher eine
20 Röntgenstrahlungsquelle 7 und einen Röntgendetektor 8 enthält, die an gegenüberliegenden Enden eines C-Armes 9 befestigt sind. Der C-Arm 9 kann so geschwenkt werden, dass mit dem Röntgenapparat zweidimensionale Abbildungen des interessierenden Körpervolumens 10 aus verschiedenen Projektionsrichtungen gewonnen
25 werden. Diese Abbildungen stehen während des medizinischen Eingriffs als fluoroskopische Abbildungen 4 in Echtzeit ("live") zur Verfügung.

Aus den zweidimensionalen Abbildungen 4 berechnet eine entsprechend programmierte Datenverarbeitungseinheit im Modul 5 die Position der im Körper des Patienten
30 befindlichen Katheterspitze. Hierzu erhält das Modul 5 eine Information über die

Position der Röntgenröhre 7 und des Detektors 8 relativ zum Patienten 10. Vorzugsweise berücksichtigt das Modul 5 ferner Signale von Sensoren 6, zum Beispiel ein EKG oder Signale von einem Atmungssensor, um die Präzision der Positionsbestimmung zu erhöhen. Alternativ kann die aktuelle Position der Katheterspitze auch durch andere

- 5 Verfahren wie zum Beispiel durch eine Ultraschallabbildung oder durch einen "active localiser", welcher seine räumliche Position relativ zu einem Magnetfeld bestimmt, gewonnen werden.

- 10 Die ermittelte Position der Katheterspitze wird anschließend an eine andere Datenverarbeitungseinheit beziehungsweise an ein anderes Programmmodul 2 innerhalb derselben Datenverarbeitungseinheit weitergegeben, wobei dieses Modul 2 zusätzlich Zugriff auf eine abgespeicherte dreidimensionale Repräsentation 1 des Gefäßbaumes innerhalb des interessierenden Körpervolumens hat. Die Daten dieser dreidimensionalen Repräsentation, welche vektoriell und/oder punktweise in einem räumlichen Koordinatensystem
- 15 den Verlauf der Gefäße beschreiben, sind vor dem aktuellen Eingriff mit Hilfe eines dreidimensional-bildgebenden Verfahrens (zum Beispiel CT, MR, CRA, 3DUS etc.) gewonnen worden. Die dreidimensionale Repräsentation kann insbesondere durch eine Rotationsangiografie unter Verwendung des Röntgenapparates 3, der auch während des vorliegenden Eingriffes eingesetzt wird, erhalten werden.

- 20 Das Modul 2 ordnet die vom Modul 5 bereitgestellte (zweidimensionale) Position der Katheterspitze der korrespondierenden (dreidimensionalen) Position der Katheterspitze innerhalb des Gefäßbaumes zu. Verfahren für eine derartige Zuordnung von korrespondierenden Punkten in unterschiedlichen Darstellungen desselben Volumens sind
- 25 bekannt (zum Beispiel US 6 317 621 B1) und sollen daher vorliegend nicht weiter erläutert werden. Bei der Zuordnung wird die Tatsache ausgenutzt, dass sich der Katheter durch das Gefäßsystem bewegt und daher seine Spitze auf dem durch die dreidimensionale Repräsentation beschriebenen Gefäßbaum liegen muss.

Nach der Ermittlung der Position der Katheterspitze im Gefäßbaum bestimmt das Modul 2 neue Abbildungsparameter, die gemäß vorgegebenen Optimierungskriterien optimiert sind. Bei dem in Figur 1 dargestellten System ist eine solche Optimierung insbesondere dann gegeben, wenn die Katheterspitze planar projiziert wird, das heißt aus einer Richtung, die senkrecht zum lokalen Gefäßabschnitt ist, in dem sich die Katheterspitze gerade befindet. Sofern es mehrere derartiger Richtungen gibt (in der Regel existieren zwei um 180° versetzte), wird vorzugsweise hiervon diejenige ausgewählt, welche die geringsten Einstellungsänderungen am Röntgenapparat 3 erfordert. Die planare Projektion des genannten Gefäßabschnittes hat den Vorteil, dass sie diesen mit maximaler Länge darstellt, so dass sich der weitere Vorschub der Katheterspitze mit größter Auflösung beobachten lässt.

Des Weiteren kann das Modul 2 die Grenzen des Röntgenstrahlenkegels berechnen, die gerade noch zu einer hinreichenden Abbildung der interessierenden Katheterspitze führen. Diese Grenzen können zum Beispiel so festgelegt werden, dass die resultierende zweidimensionale Projektion die Form eines länglichen Rechteckes hat, bei dem die Katheterspitze nahe einer kurzen Seite liegt und sich der zugehörige, in Vorschubrichtung angrenzende Gefäßabschnitt zur gegenüberliegenden kurzen Seite des Rechteckes erstreckt. Eine solche Darstellung würde sich im Wesentlichen auf den zu erwartenden zukünftigen Bewegungsweg des Katheters beschränken.

Nach Bestimmung der Projektionsrichtung und des Projektionskegels sowie gegebenenfalls weiterer Abbildungseigenschaften wie etwa die Strahlungsstärke der Röntgenstrahlungsquelle 7 werden die genannten Größen an den Röntgenapparat 3 übermittelt, wo die entsprechenden Einstellungen ausgeführt werden. Das heißt, dass insbesondere der C-Arm 9 gedreht wird, bis die Röntgenstrahlungsquelle 7 und der Detektor 8 in der vorgegebenen Projektionsrichtung liegen, und dass motorisch verstellbare röntgen-dämpfende Blendenkeile und/oder röntgenundurchlässige Blenden in die Position gefahren werden, die das ermittelte Abbildungsfenster ergeben. Anschließend kann eine neue, optimierte Röntgenaufnahme erzeugt werden.

Wie in Figur 1 nicht näher dargestellt ist, können die dreidimensionale Repräsentation 1 des Gefäßsystems und die fluoroskopischen Echtzeitbilder 4 aus demselben ermittelten optimalen Projektionswinkel einander überlagert dargestellt werden, um dem Benutzer zusätzliche Informationen zu geben. Vorzugsweise deckt die Projektion der dreidimensionalen Repräsentation 1 dabei eine größere Fläche als die Echtzeitbilder 4 ab, so dass sich der Arzt in einem verhältnismäßig großen Bereich um das Objekt herum orientieren kann und gleichzeitig die unter Strahlenbelastung gewonnenen fluoroskopischen Aufnahmen auf einen möglichst kleinen Bereich begrenzt werden können.

10 Mit dem beschriebenen bildgebenden System und dem zugehörigen Abbildungsverfahren wird die zeitaufwändige Neupositionierung des Röntgenapparates 3 während komplexer medizinischer Eingriffe durch ein intelligentes Navigationssteuerungssystem überwunden. Das medizinische Personal wird von der Notwendigkeit der Neupositionierung des C-Armes 9 befreit, wodurch sich nicht zuletzt die Röntgenstrahlungsdosis reduziert, 15 welcher der Patient ausgesetzt ist. Diese Dosis wird zusätzlich dadurch verringert, dass sich die Abbildung automatisch auf das notwendige Darstellungsfenster begrenzt wird.

In Figur 2 sind die dem erfindungsgemäßen Verfahren zugrunde liegenden Abbildungen veranschaulicht. Die Figur zeigt den vorab vermessenen und in einer dreidimensionalen 20 Repräsentation dokumentierten Gefäßbaum 14 sowie den vorderen Abschnitt eines darin vorgeschobenen Katheters 12 mit der Katheterspitze 15. Weiterhin ist der Röntgenstrahlenkegel 11 erkennbar, welcher in der Ebene des Röntgendetektors 8 (Figur 1) eine zweidimensionale Projektionsabbildung 13 liefert (entsprechend den fluoroskopischen Bildern 4 von Figur 1).

25 Nach der vom Modul 2 von Figur 1 durchgeführten Ermittlung der Position der Katheterspitze 15 im dreidimensionalen Gefäßbaum 14 kann die Projektionsrichtung ermittelt werden, welche eine optimale Darstellung des Katheters 12 und der Katheterspitze 15 unter Berücksichtigung des Gefäßverlaufes liefert. Hierbei kann es sich wie in 30 Figur 2 dargestellt insbesondere um eine Projektion aus einer Richtung senkrecht zur

Erstreckung des Katheters 12 beziehungsweise des umliegenden Gefäßabschnittes handeln.

- Während die Erfindung vorstehen in Zusammenhang mit der Bewegung eines Instrumentes durch die Gefäßbahn eines Patienten beschrieben wurde, ist sie auf diese Anwendung nicht beschränkt. Im biologisch/medizinischen Bereich könnte z.B. auch die Bewegung eines natürlichen Objektes durch den Körper beobachtet werden, z.B. die Bewegung eines Blutgerinnsels durch das Gefäßsystem oder der Transport eines Stoffes oder Erregungspotenzials entlang anderer Wege wie etwa Nervenbahnen.

10

Des Weiteren ist die Erfindung z.B. auch bei Anwendungen im Maschinenbau einsetzbar. So könnte etwa das Objekt die Hand eines (mehrgelenkigen) Roboterarmes sein, welcher bei der Ausführung einer Tätigkeit an einem räumlich komplexen Werkstück mit Hilfe von Rückkopplungssignalen einer Videokamera bewegt werden soll. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren könnte in diesem Falle immer eine optimale Position der Videokamera eingestellt werden, insbesondere eine solche, die erstens eine freie Sicht auf die Roboterhand bietet und zweitens die Hand mit größter Auflösung, also z.B. planar abbildet.

20

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Optimierung einer zweidimensionalen Abbildung eines ein Objekt enthaltenden Körpervolumens, wobei

- a) eine dreidimensionale Repräsentation von möglichen Aufenthaltsorten des Objektes innerhalb des Körpervolumens gewonnen wird;
- 5 b) die aktuelle Position des Objektes ermittelt und der dreidimensionalen Repräsentation zugeordnet wird;
- c) mit Hilfe der dreidimensionalen Repräsentation Abbildungsparameter bestimmt werden, die in Bezug auf die Position des Objektes optimal sind;
- d) mit den genannten optimalen Abbildungsparametern eine zweidimensionale Abbildung
10 des Körpervolumens erzeugt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

- 15 dass die zweidimensionale Abbildung eine durch Röntgenstrahlung erzeugte Projektion des Körpervolumens ist.

3. Bildgebendes System zur Erzeugung einer zweidimensionalen Abbildung eines ein Objekt enthaltenden Körpervolumens, umfassend eine Datenverarbeitungseinheit mit einem Speicher, der eine dreidimensionale Repräsentation von möglichen Aufenthalts-
20 orten des Objektes innerhalb des Körpervolumens enthält, wobei die Datenverarbeitungseinheit dazu eingerichtet ist,

- a) mit Hilfe der dreidimensionalen Repräsentation Abbildungsparameter zu bestimmen, die in Bezug auf die aktuelle Position des Objektes optimal sind;

b) das bildgebende System so anzusteuern, dass es eine zweidimensionale Abbildung mit den genannten Abbildungsparametern erzeugt.

4. Bildgebendes System nach Anspruch 3,

5 dadurch gekennzeichnet,

dass es einen Röntgenapparat mit einer Röntgenstrahlungsquelle und einem Detektor enthält, die an einem beweglichen C-Arm befestigt sind.

5. Bildgebendes System nach Anspruch 4,

10 dadurch gekennzeichnet,

dass der Röntgenapparat verstellbare Blenden umfasst, deren Einstellung zu den von der Datenverarbeitungseinheit optimierten Abbildungsparametern gehört.

6. Bildgebendes System nach Anspruch 3,

15 dadurch gekennzeichnet,

dass die Datenverarbeitungseinheit mit Signalleitungen, insbesondere für ein EKG, von einem Atmungssensor und/oder von einem Lokalisierungsgerät für das Objekt, gekoppelt ist.

20 7. Bildgebendes System nach Anspruch 3,

dadurch gekennzeichnet,

dass es dazu eingerichtet ist, die aktuelle Position des Objektes aus einer zweidimensionalen Abbildung zu ermitteln.

8. Bildgebendes System nach Anspruch 3,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Abbildungsparameter eine Schnittebene, eine Projektionsrichtung, die Lage einer Strahlungsquelle, die Lage eines bildgebenden Strahlungsdetektors, die Form eines

- 5 Abbildungsfensters, die Position strahlendämpfender Blendenelemente, Varianzen im Strahlungsfeld über einer bestrahlten Fläche, eine Strahlqualität, eine Strahlungsstärke, den Strom und/oder die Spannung einer Strahlungsquelle und/oder eine Belichtungs-
dauer festlegen.

10 9. Bildgebendes System nach Anspruch 3,

dadurch gekennzeichnet,

dass die möglichen Aufenthaltsorte des Objektes Gefäße innerhalb eines biologischen Körpervolumens sind, und dass die Datenverarbeitungseinheit dazu eingerichtet ist, die optimalen Abbildungsparameter so festzulegen, dass der Gefäßabschnitt, in dem sich das

- 15 Objekt befindet, in der zweidimensionalen Abbildung im Wesentlichen planar projiziert wird.

10. Bildgebendes System nach Anspruch 3,

dadurch gekennzeichnet,

- 20 dass es eine Einrichtung zur Darstellung von Abbildungen enthält und dazu eingerichtet ist, die zweidimensionale Abbildung zusammen mit einer ganz oder teilweise mit denselben Abbildungsparametern aus der dreidimensionalen Repräsentation erzeugten Abbildung überlagert darzustellen, wobei die aus der dreidimensionalen Repräsentation erzeugte Abbildung vorzugsweise einen größeren Bereich abbildet als die
25 zweidimensionale Abbildung.

ZUSAMMENFASSUNG

Bildgebendes System und Verfahren zur Optimierung einer Röntgenabbildung

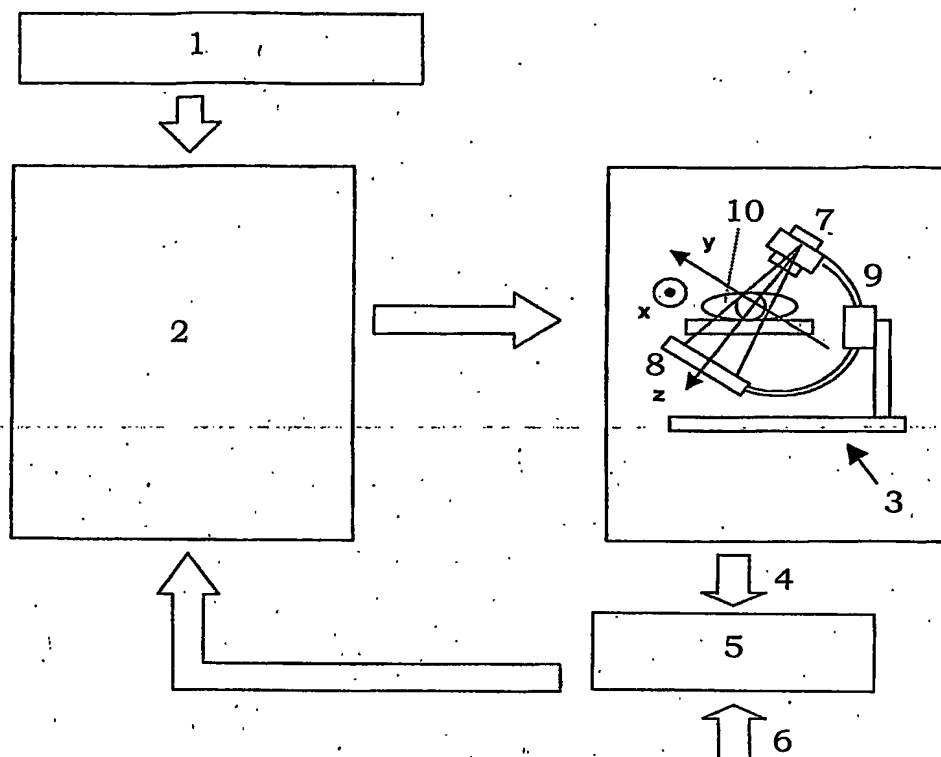
Die Erfindung betrifft ein bildgebendes (Röntgen-)System zur Beobachtung der Bewegung eines Objektes im Gefäßsystem eines Körpervolumens (10), bei welchem ein

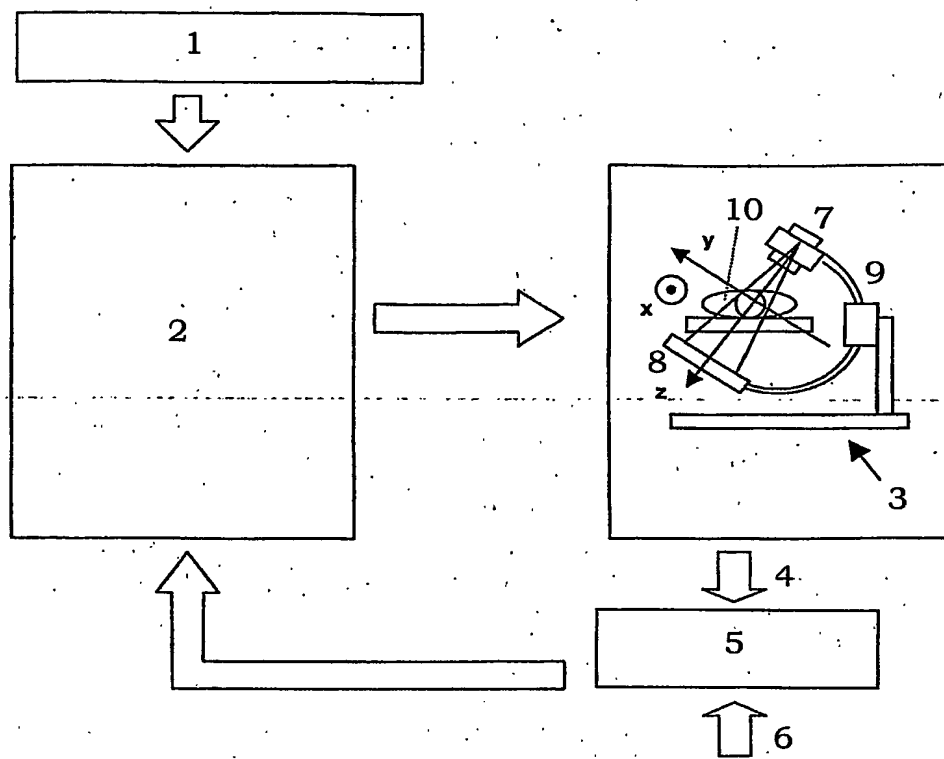
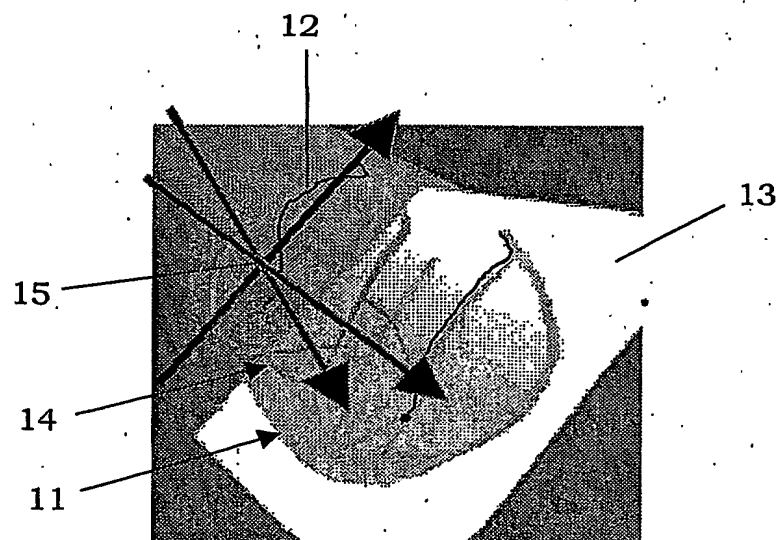
5 Röntgenapparat (3) zweidimensionale Projektionsabbildungen (4) des Körpervolumens (10) erzeugt. In einem Modul (5) wird aus den Projektionsabbildungen die Position der Spitze des Objektes ermittelt und in einem weiteren Modul (2) einer vorab gewonnenen dreidimensionalen Repräsentation (1) des Gefäßsystems zugeordnet. Das

10 Modul (2) errechnet sodann optimale Abbildungsparameter, die insbesondere eine planare Projektion der Objektspitze und ein minimales Projektionsfenster beinhalten. Diese Parameter werden anschließend am Röntgenapparat (3) eingestellt und der nächsten zweidimensionalen Aufnahme (4) zugrunde gelegt.

Fig. 1

04-09-02

**Fig. 1**

**Fig. 1****Fig. 2**

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☒ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.